Aus der Augenklinik der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. H. Pau

DAS TONOGRAMM BEI KAROTISSTENOSEN UND EXTRASYSTOLEN

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Wilhelm Rehorn

1982

UNIV.
LINCOLN
NEB.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535714_0150

Aus der Augenklinik der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. H. Pau

D A S T O N O G R A M M B E I K A R O T I S =
S T E N O S E N U N D E X T R A S Y S T O L E N

Dissertation zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Medizin
Der medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Wilhelm Rehorn

1981

"Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf"

Der Dekan der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
gez.: Prof. Dr. Arnold

Referent
gez.: Prof. Dr. Hammerstein

Korreferent
gez.: Priv.-Doz. Dr. Hennerici

Inhalt

1. Einleitung

2. Methodenbesprechung

2.1. Ophthalmodynamometrie

2.2. Ophthalmodynamographie

2.3. Oculopneumoplethysmographie

2.4. Oculopletnysmographie

2.5. Arteriotonographie

2.6. Ultraschall-Dopplersonographie

2.7. Tonographie

3. Eigene Untersuchungen mit der Tonographie

3.1. Ergebnisse der Tonographie bei gesunden Personen

3.2. Ergebnisse der Tonographie bei Patienten mit einer einseitigen Stenose der Arteria carotis

3.3. Ergebnisse der Tonographie bei Patienten mit einer doppelseitigen Stenose der Arteria carotis

3.4. Das Tonogramm bei Patienten mit sporadischen Extrasystolen

4. Diskussion

5. Zusammenfassung

6. Literatur

1. Einleitung

Nicht selten manifestiert sich eine Karotisstenose durch Sehstörungen. Die Patienten schildern das Bild der Amaurosis fugax mit passageren Gesichtsfelddefekten, Flimmern und zeitweiligen Verdunklungen. Ferner ist charakteristisch, daß der ophthalmologische Untersuchungsbefund mit Visus, Perimetrie und Ophthalmoskopie zu normalen Ergebnissen führt. Mit der 1917 von Bailliart eingeführten Ophthalmodynamometrie als einer Methode zur Erkennung von Stenosen und Verschlüssen der Arteria carotis interna war ein erster Ansatz zur Lösung dieses diagnostischen Problemes gemacht. Bailliart ging dabei von folgender Voraussetzung aus:

Da die Arteria ophthalmica ein Ast der Art. carotis interna ist, kann der Druck in der Art. carotis indirekt über die Art. ophthalmica gemessen werden. Das Prinzip beruht darauf, einen von außen auf das Auge ausgeübten Druck solange zu erhöhen, bis der Blutdruck in der Art. ophthalmica gleich dem äußeren Druck ist. Nach diesem Verfahren arbeiten die Ophthalmodynamometrie nach Bailliart, die Ophthalmodynamographie nach Hager, die Oculoplethysmographie nach Kartchner, die Oculopneumoplethysmographie nach Gee und die Arteriotonographie nach Stepanik.

Die Methoden und ihre Einzelheiten werden kurz vorgestellt.

In diesem Beitrag wird die Tonographie nach Leydhecker auf ihre diagnostische Aussagefähigkeit bei Strömungshindernissen im Karotisbereich untersucht.

Zur Verifizierung unserer Ergebnisse wurden die Patienten mit der direktionellen Ultraschall-Dopplersonographie untersucht, deren Prinzip ebenfalls beschrieben wird.

Weiterhin werden 3 Patienten mit den Symptomen der Amaurosis fugax vorgestellt, bei denen die Tonographie charakteristische, durch Extrasystolen hervorgerufene Veränderungen zeigt.

UNIV. LEIDEN BIBL.

2.1. Ophthalmodynamometrie

Bei der Ophthalmodynamometrie nach Bailliart wird der Druck in der Art. centralis retinae indirekt gemessen. Das Meßgerät besteht aus einem Stempel mit einem Federzug, mit dem der Druck kontinuierlich erhöht werden kann. Das Gerät wird nach Lokalanästhesie auf den Augapfel gesetzt und der Druck solange erhöht, bis dieser dem diastolischen Druck in der Art. centralis retinae entspricht. Diagnostisches Kriterium hierfür ist die beginnende Pulsation der Art. centralis retinae. Daraufhin wird der Druck des Gerätes weiter erhöht, bis die Pulsationen vollständig ausbleiben. Diese Situation wird dem systolischen Blutdruck in der Art. centralis retinae gleichgesetzt. Die Pulsationen werden ophthalmoskopisch ermittelt.
Die Auswertung der Ergebnisse wird nach Weigelin vorgenommen.

Bei einseitigen Stenosen der Art. carotis interna werden die Meßwerte der gesunden und der erkrankten Seite miteinander verglichen. Beträgt die Differenz mehr als 20% des diastolischen, mehr als 15% des systolischen und des mittleren Blutdruckes zwischen beiden Augen - jeweils bezogen auf den höheren Wert - so wird dies als Stenose oder Verschluß der zuführenden Gefäßstrecke gewertet.
Um einen Verschluß von einer Stenose zu differenzieren, werden die Aa. carotides nacheinander komprimiert. Für einen Verschluß sind folgende Phänomene typisch:
Bei ipsilateraler Kompression tritt kein Druckabfall und bei kontralateraler Kompression tritt ein signifikanter Druckabfall in der Art. centralis retinae auf.
Dieses Phänomen ist durch den Circulus arteriosus Willisii zu erklären, der eine Anastomose zwischen der rechten und der

linken Art. carotis interna darstellt. Da bei einem einseitigen Karotisverschluß der Versorgungsstrom über die gesunde Art. carotis interna sowie einige andere Kollateralen geht, ist kein Druckabfall in der Art. centralis retinae bei Kompression der verschlossenen Seite zu erwarten.
Wenn dagegen nur eine Stenose der Art. carotis interna vorliegt, fällt bei der Kompression dieser Seite der noch vorhandene Reststrom aus, wodurch es dann zu einem signifikanten Druckabfall in der Art. centralis retinae kommt.
Bei Vorliegen von Strömungshindernissen in der Art. carotis interna kann nach Angaben der Autoren in 80% der Fälle mit dieser Methode die Diagnose gestellt werden.

2.2. Ophthalmodynamographie

Bei der Ophthalmodynamographie nach Hager wird der Druck in der Art. ophthalmica indirekt gemessen, gleichzeitig graphisch dargestellt und das Pulsvolumen errechnet.
Bei dem Patienten wird eine Pulsabnahmekammer luftdicht auf dem knöchernen Orbitarand befestigt. Danach wird der Druck innerhalb der Kammer auf einen übersystolischen Wert gebracht und langsam wieder reduziert. Gleichzeitig wird der Blutdruck am Oberarm durch Registrierung der Korotkoff-Geräusche graphisch festgehalten. Oberhalb des systolischen Blutdruckes stellen sich kleine Pulsationen auf dem Schreiber dar, welche sich bei Erreichen des systolischen Wertes sprunghaft vergrößern. Der diastolische Wert ist erreicht, wenn die vorher runde oder platte Form der Kurvenfußpunkte in eine spitze Kerbe übergeht.

Zur Bestimmung des Pulsationsvolumens wird aus 6 aufeinanderfolgenden Pulsationen der Mittelwert gebildet und aus einer Eichkurve das entsprechende Pulsationsvolumen abgelesen.
Ebenso ist es mit dieser Methode möglich, die Pulswellengeschwindigkeit in der Art. carotis interna zu bestimmen, wenn zusätzlich ein Pulsabnehmer am Hals über der Karotis befestigt wird. Die Pulswellengeschwindigkeit errechnet sich aus der Zeitdifferenz zwischen dem Erreichen der Pulswelle des über der Karotis befindlichen Pulsaufnehmers und dem Eintreffen der Pulswelle am Auge, ersichtlich aus der Ophthalmodynamographiekurve.
Das Vorliegen eines Verschlusses oder einer Stenose kann nach Hager dann diagnostiziert werden, wenn eine Verminderung von Pulsationsvolumen und Pulswellengeschwindigkeit vorliegt. Dazu werden die beiden Ophthalmodynamographiekurven des rechten und linken Auges miteinander verglichen.
Voraussetzung für aussagefähige Ergebnisse dieser Methode ist eine Einengung des Gefäßlumens von mindestens 50 %. Im Vergleich zur Aniographie kommt H. Machleder (1977) zu einer Genauigkeit von 50 %. Unter derselben Bedingung kommt G. Wenzel (1976) zu einer Aussagefähigkeit von 67 % und H. Bettelheim (1969) von 72 %.

2.3. Oculopneumoplethysmographie

Bei der Oculopneumoplethysmographie nach Gee wird der Blutdruck in der Art. ophthalmica indirekt gemessen und graphisch dargestellt. Dazu werden zwei Halbschalen auf die anästhesierten Skleren gesetzt und dann ein Unterdruck von -300mm Hg erzeugt. Dann wird der Unterdruck langsam gesenkt. Dies führt zu einem

Abfall des intraocularen Druckes. Sobald dieser nicht mehr höher als der Blutdruck in der Art. ophthalmica ist, werden die Pulsationen der Art. ophthalmica über einen Umwandler aufgezeichnet.
Als signifikant für eine Stenose gelten nach McDonald und nach Gross eine Seitendifferenz des Ophthalmicablutdruckes von mehr als 5 mm Hg (McDonald) oder mehr als 15 % (Gross), mehr als 2mm Hg Unterschied in den Augenpulsamplituden von rechtem und linkem Auge (McDonald) und ein Ophthalmicablutdruck unter 110mm Hg und somit weniger als 66 % des Brachialisblutdruckes (McDonald).
Zur Differenzierung zwischen einer Stenose und einem Verschluß der Art. carotis interna wird dann der Karotiskompressionstest angeschlossen.
Die Methode soll vor allem der Bewertung eines eventuell vorhandenen Kollateralkreislaufes dienen.
Im Vergleich zur Angiographie beträgt die Genauigkeit der Methode nach Angaben von Gee 91,6 % und McDonald 94 %. Beide Autoren untersuchten Stenosen von mehr als 75 % des Gefäßlumens. Gross hingegen erhält bei Stenosen über 50 % nur eine Genauigkeit von 31 %.

2.4. Oculoplethysmographie

Bei der Oculoplethysmographie nach Kartchner wird das Durchflußvolumen durch die Art. carotis interna gemessen, indem der Zeitunterschied zwischen dem Erreichen der Pulswelle am Auge und am Ohrläppchen gemessen wird. Dazu werden zwei Impulsaufnehmer auf beiden Ohrläppchen befestigt und zwei mit NaCL-gefüllte Halbschalen auf den anästhesierten Corneae durch einen

Saugdruck von -45mm Hg fixiert. Die Impulse werden dann zu einem Umwandler geleitet und als Druckkurven der Art. ophthalmica aufgezeichnet. Die Kurven beider Augen- und Ohrläppchenimpulse werden gegeneinander aufgerechnet.
Eine Zeitdifferenz von mehr als 0,01 sec. der Pulswellen zwischen Auge und Ohr und eine gleichzeitige Reduktion der Pulsamplitudenhöhe von mehr als 33 % werden als pathologisch angesehen.
Im Vergleich zur intraoperativen Druckmessung der Art. carotis interna kommt Kartchner (1973) zu einer Genauigkeit von 72 % bei der Phonoaniographie und von 87 % bei der Oculoplethysmographie.

Im Vergleich zur Aniographie erreichten McDonald (1978) eine Genauigkeit von 86 % und Gross (1977) von 89,5 % unter Berücksichtigung beider Ergebnisse. Unter denselben Bedingungen kommt Kartchner zu 86 % richtigen Resultaten bei der Phonoaniographie und zu 91 % bei der Oculoplethysmographie.
Bei allen untersuchten Patienten lagen Stenosen der Art. carotis interna von mindestens 50 % vor.

2.5. Arteriotonographie

Bei der Arteriotonographie nach Stepanik wird der Augeninnendruck während externer artefizieller Drucksteigerung, die auf das Auge ausgeübt wird, direkt und kontinuierlich gemessen. Dazu wird das elektrische Tonometer von MacKay und Marg verwandt. Die Sondenspitze dieses Tonometers ist seitlich in ein Kontaktglas eingebaut, welches auf das Auge aufgesetzt wird. Durch Druck auf das Kontaktglas wird der Druck im Auge solange gesteigert, bis ein erstmaliger kurzer Kollaps des Netzhautarterienstammes auftritt - dies ist das Kriterium für den diastolischen Druck. Der Druck

wird dann weiter erhöht, bis ein vollständiger Kollaps auftritt. Das erste Pulsieren während der anschließenden Verringerung des Druckes nach anhaltendem Kollaps gilt als systolischer Wert.
Die Meßgenauigkeit wird, wie Krieglstein (1979) schreibt, dadurch begrenzt, daß die Kompression des Augapfels mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer reflektorischen Änderung des Blutdruckes über den oculo-cardialen Reflex führt.
Über die Genauigkeit der Methode für klinische Fragestellungen liegen noch keine Angaben vor.

2.6. Ultraschall-Dopplersonographie

Das Prinzip der Ultraschall-Dopplersonographie beruht darauf, daß bei der Annäherung und Entfernung von einer bewegten Schallquelle, die mit konstanter Frequenz sendet, eine Frequenzveränderung der reflektierten Schallwelle stattfindet. Diese Frequenzveränderung ist proportional zur Geschwindigkeit des reflektierenden Körpers.
Bei den heute verwandten Ultraschallgeräten sind Sender und Empfänger in einer Sonde untergebracht. Bei der Untersuchung wird die Sonde transcutan auf das zu untersuchende Gefäß aufgesetzt. Da die einzelnen Erythrozyten allein zu klein sind, um eine Frequenzverschiebung der reflektierten Schallwelle zu bedingen, wirken sie als ein einheitlicher reflektierender Körper. Je größer nun die Geschwindigkeit der Erythrozyten unter der Sonde ist, desto stärker wird die Frequenzverschiebung der reflektierten Schallwelle sein. Diese Frequenzverschiebung ist direkt akustisch wahrnehmbar.
Durch die Messung entlang der Gefäßstrecke kann der Sitz der

Stenose mit großer Genauigkeit ermittelt werden, da sich die Pulswellengeschwindigkeit in der Nähe der Stenose ändert. Hinweise auf eine Stenose sind nach M. Hennerici und A. Aulich:

"1. geringgradige Stenosen sind häufig nur an einer umschriebenen Strömungsbeschleunigung erkennbar

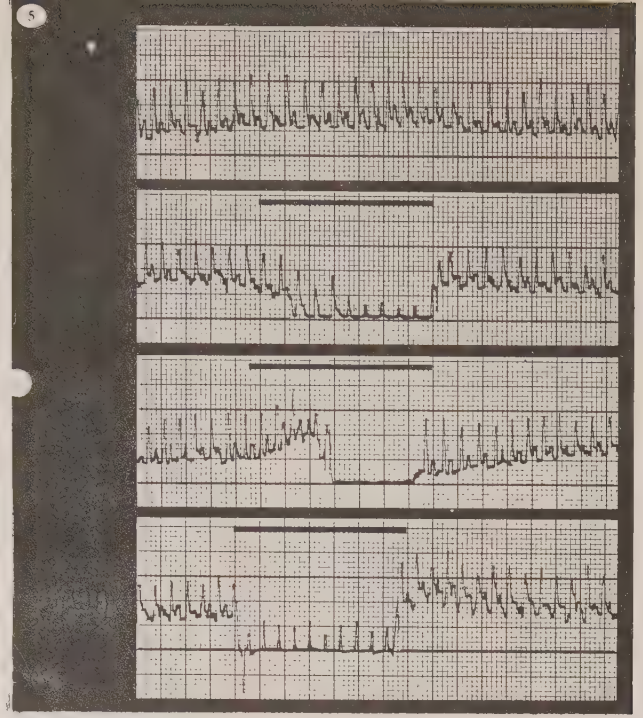
2. mittelgradige Stenosen (etwa 60% bis 70% Lumeneinengung) zeigen zusätzlich eine poststenotische Umkehr der Strömungsrichtung und im distalen Gefäßabschnitt ein reduziertes Strömungsprofil. Außerdem verändert sich das akustische Signal durch Turbulenzen

3. hochgradige Stenosen (80% Lumeneinengungen und mehr) führen darüber hinaus zu einer deutlichen Reduktion der diastolischen Strömungsgeschwindigkeit im praestenotischen Gefäßabschnitt als Zeichen der stenosebedingten Widerstandserhöhung

4. beim Verschluß ist von der Art. carotis interna ab der Bifurkation kein Signal zu erhalten oder es zeigt sich in seltenen Fällen ein Pendelfluß, wenn der Verschluß oberhalb der Bifurkation liegt." (siehe auch Abb.1)

Weiterhin gilt eine Strömungsumkehr in den frontoorbitalen Ästen der Art. ophthalmica als Stenose- oder Verschlußzeichen der Art. carotis interna.

Diese Kombination der direkten und indirekten Ultraschall-Dopplersonographie, beschrieben von H.J. Freund, M. Hennerici, H.J. Büdingen und G.M. von Reutern (1976) stellt eine Verbesserung der ursprünglich nur indirekten Technik der Ultraschall-Dopplersonographie dar (Müller, 1971 und Büdingen, 1976). Dadurch konnte die Genauigkeit der Ultraschall-Dopplersonographie von ehedem 30-40% bei circa 50% igen Stenosen der Art. carotis auf 97% zutreffende Ergebnisse im Vergleich zur Angiographie angehoben werden. Dies gilt nach Hennerici (1979) auch für geringgradigere Strömungsbehinderungen in der Karotis.



5. Der Einfluß von Lumeneinengung und Druckgefälle auf das Doppler-Strömungsprofil am Modell der A. radialis. a) Normale Strömungsgeschwindigkeit; b) durch eine distal der Beschallungsquelle wirksame Lumeneinengung (hier erreicht durch eine Kompression von außen) wird die Strömungsgeschwindigkeit reduziert; c) über dem verengten Gefäß nimmt die Strömungsgeschwindigkeit entsprechend dem Bernoullischen Gesetz mit zunehmender Querschnittsverminderung weiter zu, bis es schließlich zum Verschluß kommt; d) eine Veränderung des Druckgefälles durch periphere Widerstandserhöhung infolge einer Gefäßkompression durch Muskelkontraktion (Faustschluß) führt zu einer raschen Reduktion der Strömungsgeschwindigkeit mit nachfolgender Zunahme im Rahmen der reaktiven Hyperämie. (Der in den Teilbildern b–d zusätzlich zur Nullinie eingezeichnete Balken gibt die Zeitdauer der Kompression an.)

Abb. 1 Der Einfluß von Lumeneinengungen und Druckgefälle auf das Doppler-Strömungsprofil am Modell der Arteria radialis (Mit freundl. Genehmigung aus Hennerici, M. und Aulich, A. Ultraschall-Doppler-Sonographie, Medizin in unserer Zeit (1979))

2.7. Tonographie

Bei der Tonographie nach Leydhecker wird der Augeninnendruck über 7 min. kontinuierlich mittels eines Impressionstonometers gemessen. Wir benutzen dabei den Schiötz-Tonographen 720D. Nach Anästhesierung der Hornhaut wird das Tonometer senkrecht auf die Corneae gesetzt. Dabei ist zu beachten, daß kein zusätzlicher Druck auf das Auge ausgeübt wird.

Das Impressionstonometer besteht aus einer Hülse mit einem darin befindlichen magnetischen Metallstab (Gewicht 5,5 g) und einer Induktionsspule. Bekanntlich beruht das Prinzip der Tonometrie und -graphie auf der Tatsache, daß je nach der Höhe des herrschenden Augeninnendruckes der Metallstab mehr oder weniger tief eindringen kann.

Die Tonographie nach Leydhecker wird zur Diagnostik eines Glaucoma chronicum simplex benutzt, wenn die Druckwerte bei der Applanationstonometrie im Grenzbereich zwischen 22 und 26 mm Hg liegen. Aus der Höhe der Augeninnendruckwerte nach 0, 3, 4 u. 7 min. sowie aus dem Wert für die Abflußleichtigkeit "C" kann dann nach Leydhecker das Vorliegen eines Glaucoma chronicum simplex bestätigt oder ausgeschlossen werden. Voraussetzung zur Beurteilung der Kurve ist eine normale Sklerenrigidität.

Bei einigen Messungen beobachteten wir an unserer Klinik eine starke einseitige Amplitudenreduktion bei Patienten, bei denen durch die Untersuchung mit der Ultraschall-Dopplersonographie eine Stenose der Art. carotis interna nachgewiesen worden war. Einen ähnlichen Fall hat W. Leydhecker in der Einführungsschrift zu seiner Methode abgebildet (1977).

W. Hammerstein, W. Sandmann und A. Aulich (1980) beschrieben einen Fall, bei dem nach erfolgreicher Beseitigung einer Karotisstenose ein akuter Glaukomanfall auftrat.

Tab. 1

Die diagnostische Aussagefähigkeit der verschiedenen Untersuchungsmethoden bei Karotisstenosen

Methode	Autor	Genauigkeit
Ophthalmodynamometrie		
	Wenzel	75 %
	Russel	77 %
	Bettelheim	85 %
Ophthalmodynamographie		
	Machleder	50 %
	Wenzel	67 %
	Bettelheim	72 %
Oculopneumoplethysmographie		
	Gross	31 %
	Gee	91,4 %
	McDonald	94 %
Oculoplethysmographie		
	McDonald	86 %
	Gross	89,5 %
	Kartchner	91 %
Ultraschall-Dopplersonographie		
	Hennerici	97 %
Tonographie		
	eigene Untersuch.	82 %

3. Eigene Untersuchungen mit der Tonographie

In der Absicht, die Tonographie für die Diagnose von Karotisstenosen zu nutzen, wurde diese Arbeit begonnen.

Unser Krankengut (Tab. 2) umfaßt 42 Personen, von denen 17 Patienten gesund waren, 22 eine Karotisinsuffizienz und 3 eine bisher nicht objektivierte Amaurosis fugax aufwiesen. 18 Patienten wurden uns von der Neurologischen Klinik überwiesen, 24 Patienten entstammten unserer eigenen Ambulanz.

Von den 22 Patienten mit einer Karotisinsuffizienz hatten 17 eine einseitige Stenose oder einen Verschluß der Art. carotis interna und 5 eine doppelseitige Strömungsbehinderung.

Als Vergleichskollektiv dienten die Tonographien der 17 gesunden Personen.

Die Auswertung der Kurven der Patienten mit einseitigen Stenosen oder Verschlüssen der Art. carotis interna sowie der Tonographien der gesunden Personen wurde nach folgenden Kriterien vorgenommen:

Aus dem Kurvenablauf beider Augen wurden jeweils 20 Pulsamplituden exemplarisch der Ermittlung des Mittelwertes zu Grunde gelegt. Entsprechend dem Kurvenverlauf, der ca. 30 cm beträgt, wurden in einem Abstand von jeweils 1,5 cm die Augenpulsamplituden ausgemessen. Aus den so ermittelten 20 Pulsamplitudenhöhen ergab sich der entsprechende arithmetische Mittelwert.

4 Patienten konnten nicht über die volle Zeit von 7 min. fixieren. Daher wurden bei ihnen die Messungen nach 4-5 min. abgebrochen. Für die Auswertung wurden ebenfalls 20 Pulsamplituden ermittelt. Die entsprechende Länge der Meßkurve wurde hierzu in jeweils gleich große Abschnitte eingeteilt.

Da die Tonographiedauer keinen prinzipiellen Einfluß auf das Ergebnis hat, sondern die Höhe der Pulsamplituden des Auges in

Tab. 2

Befunde der Patienten mit einseitigen Stenosen der Art. carotis interna

Name	Geb.dat.	proz. Amplitudenhöhe im Vergleich zur gesunden Seite	Ergebnis der Ultraschall-Dopplersonographie
J. N.	25.09.33	36 %	Truncusverschluß re.
H. E.	27.07.15	45 %	60-70 % A.c.int.sten.li.
M. H.	15.10.15	46 %	80 % A.c.int.sten.li.
K. F.	30.05.09	50 %	A.c.int.verschl.re.
H.St.	22.03.46	50 %	A.c.int.verschl.re.
M. H.	21.03.21	51 %	A.c.int.verschl.re.
H.Sch.	31.10.03	60 %	70 % A.c.int.sten.re.
G. B.	25.05.18	70 %	70 % A.c.int.sten.re.
Ch.K.	01.05.25	70 %	A.c.com.verschl.li.
U.Sch.	14.04.54	72 %	50 % A.c.int.sten.re.
F.Sch.	22.01.12	80 %	70 % A.c.int.sten.li.
Ch.J.	29.12.19	80 %	hochgrad.Karotissyphonsten. li.
W.St.	16.08.03	80 %	A.c.int.verschl.re.
J.Sch.	01.05.15	85 %	80 % A.c.int.sten.re.
J. H.	05.03.06	96 %	80 % A.c.int.sten.re.
H. M.	01.09.17	98 %	50-70% A.c.int.sten.li.
K. P.	03.03.03	Seitenverkehrt	A.c.int.verschl.re.

(A.c.int.sten. = Arteria carotis interna Stenose
A.c.int.verschl. = Arteria carotis interna Verschluß)

Beziehung zum Durchblutungsvolumen steht, ergibt sich für die Auswertung der Tonographiekurven bei verkürzter Meßdauer kein grundlegender Unterschied.

3.1. Ergebnisse der Tonographie bei gesunden Personen

Bei den 17 gesunden Personen ergab sich eine Differenz der Mittelwerte der Augenpulsamplitudenhöhen von durchschnittlich 12% im Vergleich der beiden Tonogramme. Dieser Mittelwert wurde auf folgende Weise errechnet:

Nach dem oben beschriebenen Verfahren ergab sich ein Verhältnis der mittleren Augenpulsamplitudenhöhen. Dieses wurde nun in Prozent umgerechnet, wobei der höhere Pulsamplitudenmittelwert gleich 100% gesetzt wurde. Die daraus resultierenden Prozentwerte (x_i) wurden nach der Formel $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ addiert und der arithmetische Mittelwert gebildet. Dieser betrug $\bar{x} = 88\%$, d. h., im statistischen Mittel lag die Augenpulsamplitudenhöhe des einen Auges auch bei gesunden Personen nur bei 88% der Augenpulsamplitudenhöhe des anderen Auges. (Abb. 2)

Danach wurde nach der Formel $\bar{m} = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})}{n\,(n-1)}}$ die Standardabweichung des Mittelwertes errechnet. Sie lag bei $\bar{m} = 1{,}9799\%$, so daß wir näherungsweise $\bar{m} = 2\%$ setzten.

Daraus leitet sich unsere diagnostische Aussage über das Vorliegen einer Stenose im zuführenden Gefäßgebiet ab:

Liegt der Mittelwert der Augenpulsamplitudenhöhe des einen Auges über 90% im Verhältnis zum anderen Auge, so ist mit einer Stenose der zuführenden Gefäßstrecke nicht zu rechnen. Liegt der Mittelwert zwischen 86% und 90%, so kann eine Stenose vorliegen, diese aber mit Sicherheit weder ausgeschlossen noch bestätigt werden. Werte unter 86% sprechen für das Vorliegen

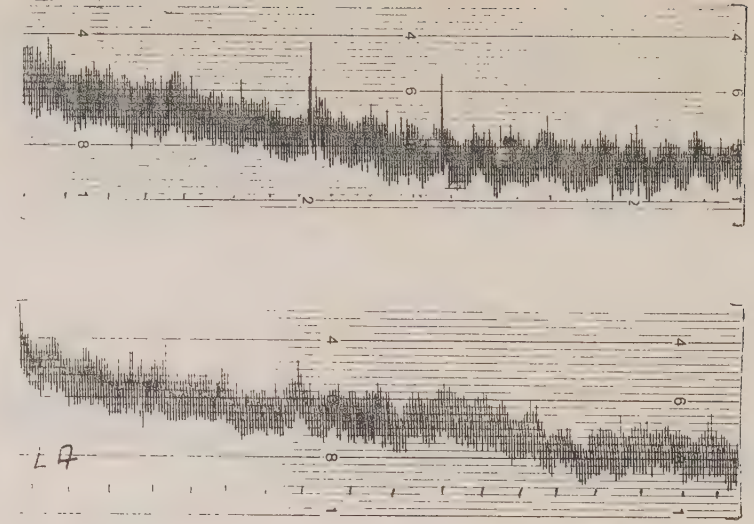


Abb. 2 Normales Tonogramm einer gesunden Person mit ruhigen und regelmäßigen Augenpulsamplituden. Kaum Unterschiede in der Höhe der Augenpulsamplituden in den beiden Tonogrammen
(A. H. geb: 24.11.55)

einer Stenose der Art. carotis interna.

3.2. Ergebnisse der Tonographie bei Patienten mit einer einseitigen Stenose der Art. carotis interna

Wie die Tabelle 2 zeigt, haben wir in unserem Untersuchungsgut von 17 Patienten mit einer einseitigen Stenose bzw. einem Verschluß der Art. carotis interna 3 Patienten, bei denen wir zu falsch-negativen Ergebnissen gekommen sind. Bei 14 Patienten konnten wir die zutreffende Diagnose stellen. (Abb. 3 - 7)

3.3. Ergebnisse der Tonographie bei Patienten mit einer doppelseitigen Stenose der Art. carotis interna

Bei der Auswertung der doppelseitigen Stenosen wurde nach folgenden Kriterien vorgegangen:
Bei der Stenose beider Aa. carotides internae sind die Augenpulsamplituden beider Seiten stark eingeschränkt. Dies allein spricht jedoch noch nicht für einen doppelseitigen Prozeß, da dies auch als physiologische Variante vorkommt. Zeigen die Tonogramme aber zusätzlich ein mehrmaliges Ausbleiben der Augenpulsamplituden während einer Messung an, so führt dies zur richtigen Diagnose. (Abb. 8)

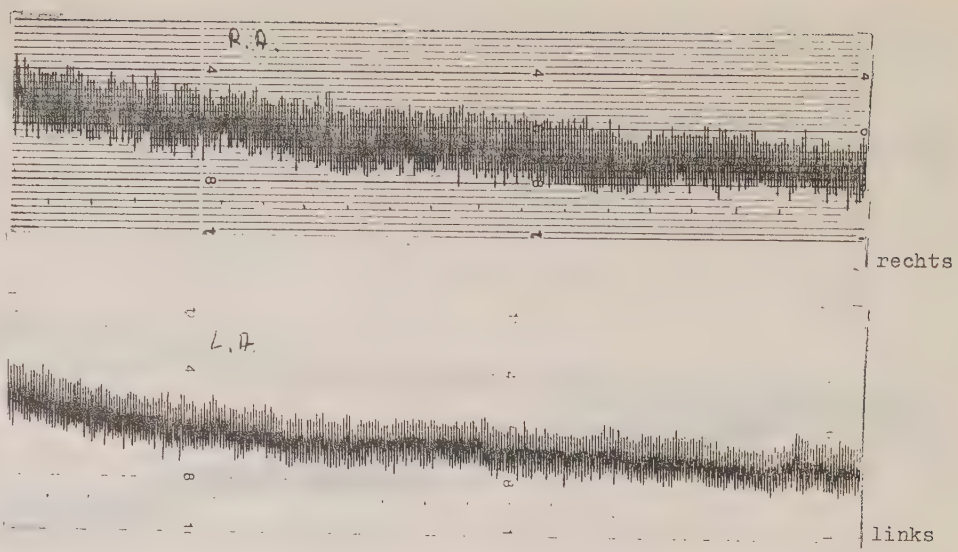


Abb. 3 Tonogramm bei einseitiger Karotisstenose links mit deutlicher Verminderung der Pulsamplitudenhöhe des linken Auges auf 80% des Wertes des rechten Auges

(F. Sch. geb: 22.01.12)

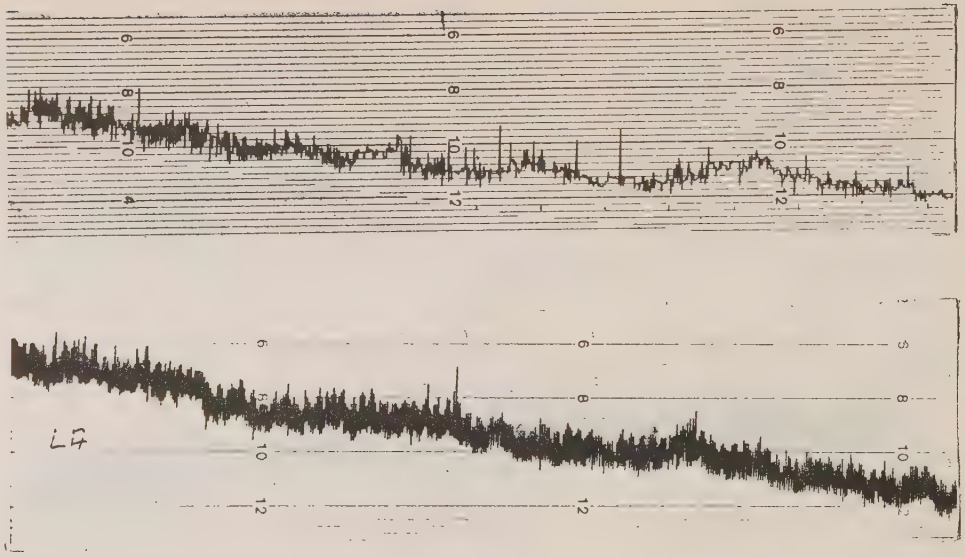


Abb. 4 Das Tonogramm bei Truncusverschluß rechts zeigt eine erhebliche Reduktion der Pulsamplitudenhöhe des rechten Auges auf 36% des Wertes des linken Auges.

(J. N. geb: 25.09.33)

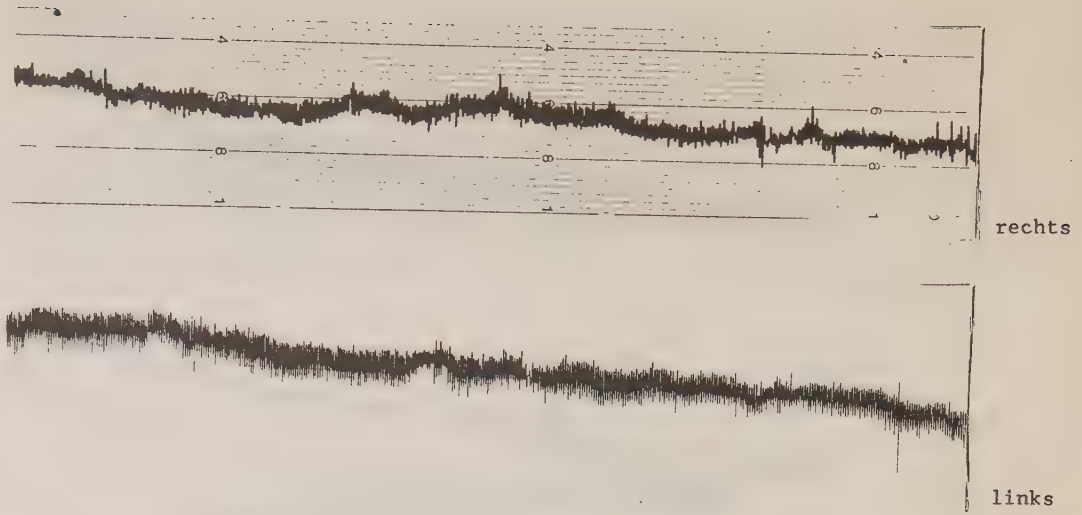


Abb. 5 Tonogramm bei einseitigem Karotisverschluß rechts mit einer starken Einschränkung der Pulsamplitudenhöhe des rechten Auges auf 51% des Wertes des linken Auges
(M. H. geb: 21.03.21)

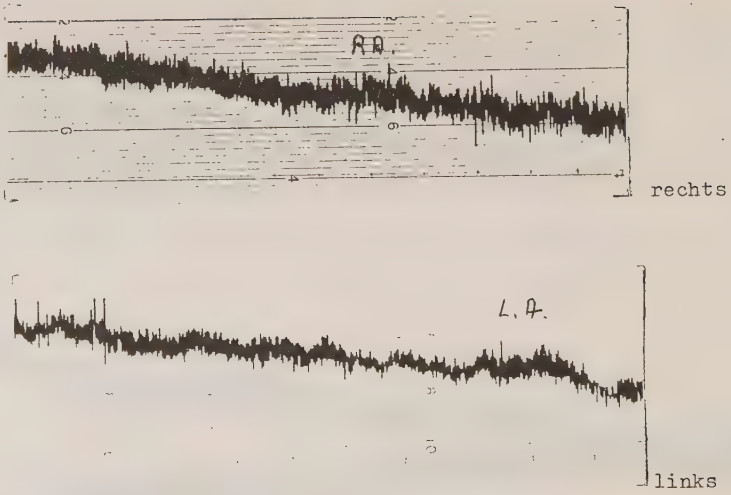
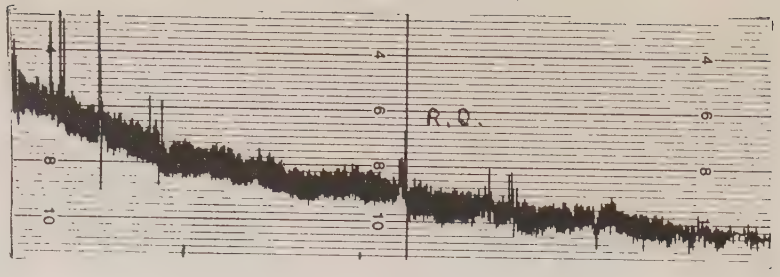
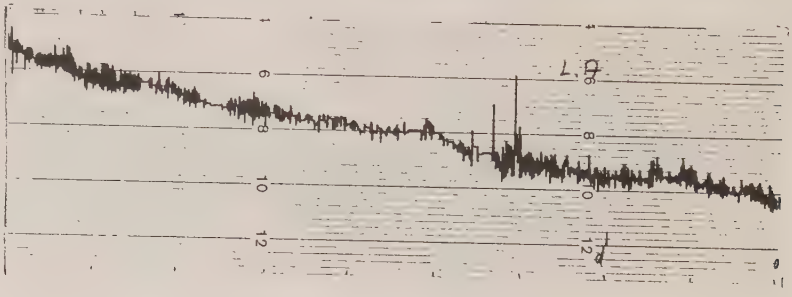


Abb. 6 Tonogramm bei einseitigem Karotisverschluß links mit einer Reduktion der Pulsamplitudenhöhe des linken Auges auf 70% des Wertes des rechten Auges

(Ch. K. geb: 01.05.25)



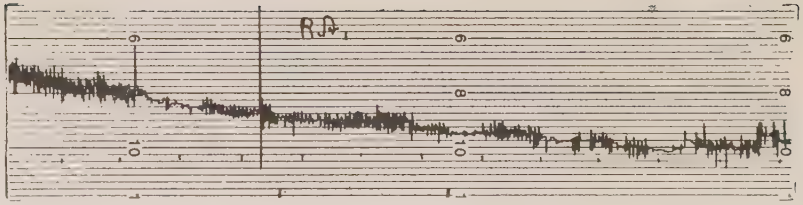
rechts



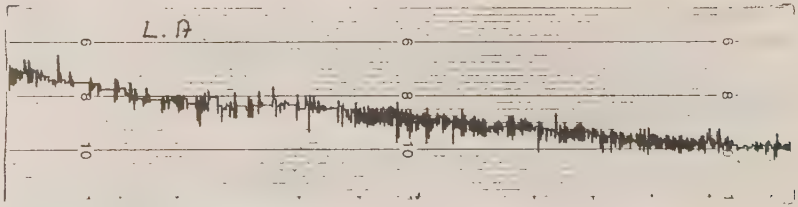
links

Abb. 7 Tonogramm bei einseitiger Karotisstenose links mit einer Reduktion der Pulsamplitudenhöhe des linken Auges auf 60% des Wertes des rechten Auges

(H. Sch. geb: 31.10.03)



rechts



links

Abb. 8 Das Tonogramm bei doppelseitiger Stenose der Art. carotis interna zeigt auf beiden Seiten stark eingeschränkte Augenpulsamplituden sowie ein mehrmaliges Ausbleiben der Pulsamplituden

(W. E. geb: 19.05.12)

2.8.4. Das Tonogramm bei Patienten mit sporadischen Extrasystolen

Bei unseren tonographischen Untersuchungen fiel uns folgender Befund auf: während der Ableitung zeigten sich plötzlich Einkerbungen im Amplitudenverlauf. Diese wiederholten sich in sehr unregelmäßigen Abständen. Während der nachfolgenden Pulsschläge wurde das alte Amplitudenniveau wieder erreicht. Bei einer gleichzeitigen Palpation des peripheren Pulses über der Art. radialis zeigte sich ein peripheres Pulsdefizit synchron zum Amplitudenabfall im Tonogramm.

Wir wiederholten die Tonographie bei synchroner Registrierung des EKG bei 3 Patienten. Da Tonograph und Elektrokardiograph eine unterschiedliche Vorschubgeschwindigkeit besitzen, zählten wir die einzelnen R-Zacken im EKG aus und ordneten sie den Pulsamplituden im Tonogramm zu. Es erwies sich als vorteilhafter, die unteren Amplitudenzacken des Tonogramms auszuzählen, da Augenbewegungen im Tonogramm zu Artefakten führen können. Diese treten aber nur als Ausschläge nach oben in Erscheinung.

Bei der Auswertung der beiden Kurven entsprachen die Extrasystolen im EKG den Einkerbungen im Tonogramm. Die Anzahl der QRS-Komplexe zwischen den einzelnen Extrasystolen entsprach der Amplitudenzahl zwischen den Einkerbungen im Tonogramm. Da weiterhin die Befunde im EKG und im Tonogramm gleichzeitig auftraten, besteht kein Zweifel, daß die Einsenkungen im Tonogramm durch die Extrasystolen verursacht wurden. (Abb. 8 u. 9)

Diese Einkerbungen im Tonogramm stellen also die graphische Registrierung des Abfalls des Pulsationsvolumens der Art. ophthalmica dar. Während der nachfolgenden Pulsschläge wird das alte Niveau wieder erreicht.

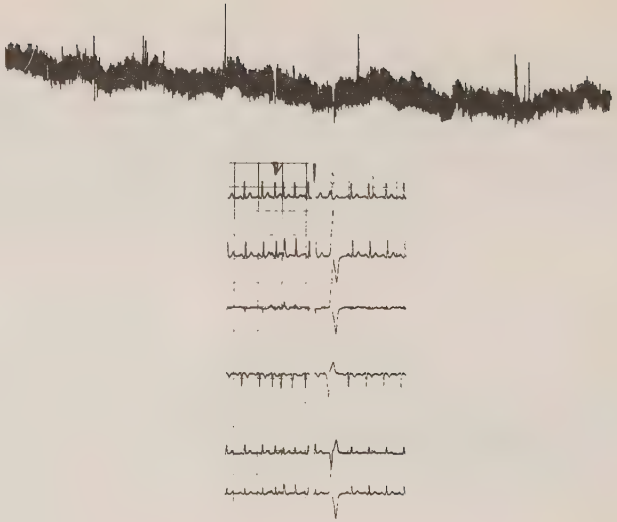


Abb. 9 Tonogramm (oben) und EKG (unten) der Patientin G. B.
In der Photomontage sehen wir im Tonogramm zwei Einkerbungen, denen die entsprechenden Extrasystolen im EKG zugeordnet sind

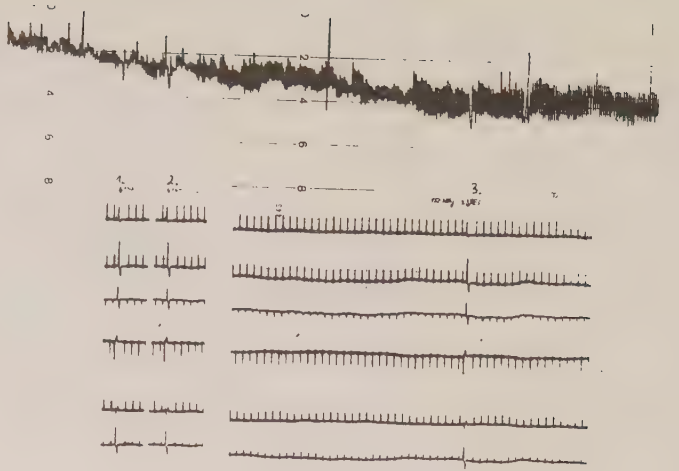


Abb. 10 Tonogramm (oben) und EKG (unten) des Patienten Th. B. In der Photomontage sehen wir im Tonogramm drei Einkerbungen, denen die entsprechenden Extrasystolen im EKG zugeordnet sind

4. Diskussion

Wessely bewies bereits 1908 in seinen Experimenten den Zusammenhang zwischen dem systemischen arteriellen Blutdruck und dem Blutdruck in der Art. ophthalmica. Bailliart stellte 1917 mit seiner Ophthalmodynamometrie die erste ophthalmologische Methode zur Erkennung einer Strömungsbehinderung in der Art. carotis vor. Mit der Ophthalmodynamometrie konnte erstmals der Druck in der Art. ophthalmica gemessen werden. Die klinische Anwendung beschrieben Weigelin und Lobstein (1962).
Diese Methode wurde von Hager (1962, 1963) durch die Ophthalmodynamographie ergänzt. Mit der Ophthalmodynamographie konnten die Befunde graphisch dargestellt und damit objektiv ausgewertet werden.
Bron u. Mitarb. (1967) sowie Arana-Iniguez u. Mitarb. (1968) stellten erstmals die Tonographie als Methode zur Erkennung von Stenosen und Verschlüssen der Art. carotis vor.
Stepanik beschrieb 1973 seinen Arteriotonographen. Im selben Jahr entwickelte Gee in Amerika seinen Oculopneumoplethysmographen. Kartchner (1977) kombinierte diese Methode mit der Phonoangiographie. Alle diese Methoden basieren auf dem Bailliartschen Prinzip der indirekten Druckmessung: von außen wird ein definierter Druck auf das Auge ausgeübt und mittels der dann erzielten Parameter die Diagnose gestellt.

Da die Ophthalmodynamometrie in erheblichem Maße der subjektiven Beurteilung unterliegt, konnte sie in der klinischen Anwendung nur einen begrenzten diagnostischen Wert erreichen. Die Meßergebnisse werden von der funktionellen Einheit mehrerer Gefäße bestimmt, wie schon A. Elschnig feststellte. Der größte Teil der Blutmenge, die das Auge versorgt, wird zwar über die Art. carotis der jeweiligen Seite zugeführt, doch können auch Kollateralen diese Funktion bei einer Karotisinsuffizienz übernehmen. Auf die

verschiedenen Möglichkeiten der Kollateralenbildung bei einer Karotisstenose und ihre Beurteilung hat H. Bettelheim (1964, 1965 u. 1966) ausführlich hingewiesen.

Auch die Ultraschall-Dopplersonographie kann zur Diagnose von Stenosen und Verschlüssen der Art. carotis interna angewendet werden. Hierbei werden die zu untersuchenden Gefäße direkt beschallt. Aus der Frequenzverschiebung der reflektierten Schallwelle ergeben sich Rückschlüsse auf Sitz und Grad der Stenose. Dabei ist die Messung im Bereich zwischen Jugulargrube und Karotissyphon möglich. Eine intrakraniell gelegene Stenose kann nicht mehr erfaßt werden. Diese ist nur an einer retrograden Strömung innerhalb der Art. supratrochlearis erkennbar sowie bei hochgradigen Prozessen an der Reduktion des diastolischen Flusses im vorgeschalteten extrakraniellen Karotisabschnitt. Auch die Strömungsverhältnisse in den Aa. vertebrales können untersucht werden, so daß eine Gesamtbeurteilung der extrakraniellen zerebralen Zirkulation gelingt. Eine direkte Messung der Strecke Karotissyphon - Abgang der Art. ophthalmica oder innerhalb der Art. ophthalmica findet somit nicht statt. Durch die Messung ist eine Bestimmung der Richtung des Blutstromes sowie der Pulswellengeschwindigkeit möglich. Jedes Gefäß wird einzeln auf einen Stenosehinweis beurteilt. So ist eine sehr genaue Lokalisation und eine recht exakte Gradeinteilung der Stenose zu diagnostizieren. Vom Untersucher verlangt die Ultraschall-Dopplersonographie viel Erfahrung und eine vollständige Vertrautheit mit der Hämodynamik der zu untersuchenden Gefäße sowie ihrer Methodik.

Die beschriebene Tonographie nach Leydhecker stellt eine Methode zur Diagnose der Karotisinsuffizienz dar, die in der klinischen Praxis einfach anzuwenden ist. Im Vergleich zu den bisher bekannten Methoden bietet sie eine vergleichbare Aussagefähigkeit mit gleichzeitiger graphischer Darstellung der Befunde (Tab. 1).

So erzielten wir mit der Tonographie eine Genauigkeit von 82% im Vergleich zur Ultraschall-Dopplersonographie bei der Diagnose von einseitigen Stenosen und Verschlüssen der Art. carotis interna. Bei 3 Patienten war mit der Ultraschall-Dopplersonographie eine Karotisstenose diagnostiziert worden, während die Tonographie dieses Ergebnis nicht bestätigen konnte. Wir sind der Auffassung, daß diese Befunde auf entsprechende Kollateralkreisläufe zurückzuführen sind. Bei einem ausreichenden Kollateralkreislauf ist eine Wiederherstellung der Durchblutung am Auge in hinreichendem Maße möglich. Bettelheim (1964, 1965 u. 1966) ist der Auffassung, daß sich der Kollateralkreislauf nur bei langsamer Thrombosierung der Art. carotis interna entwickeln kann. Sindermann (1967) und Berggleiter (1967) beobachteten jedoch einige Fälle, bei denen sich der Kollateralkreislauf innerhalb kürzester Zeit ausbildete. Berggleiter beschreibt sogar Fälle, bei denen die durch Injektionsartefakte nur für einige Sekunden verschlossene Art. carotis interna sofort über einen Kollateralkreislauf umgangen wurde. In diesem Fall einer ausreichenden Kollateralisation der insuffizienten Karotis können auch keine positiven Ergebnisse bei der Tonographie erwartet werden, da die Tonographie die verschiedenen Zuflüsse nicht differenzieren kann, sondern das tatsächliche Pulsationsvolumen am Auge mißt. Aus demselben Grunde konnten wir bei den 14 Patienten, bei denen wir die zutreffende Diagnose stellten, keine quantitative Aussage über den Stenosegrad oder den Sitz der Stenose treffen. Die Tonographie erlaubt somit nur eine qualitative Diagnose über das Vorliegen einer Stenose in der zuführenden Gefäßstrecke.

Bei den von uns untersuchten Patienten war vorher eine Karotisstenose oder ein Karotisverschluß durch die Ultraschall-Dopplersonographie nachgewiesen worden. Daher treten in unserem Unter-

suchungskollektiv keine falsch-positiven Fälle auf.
Bei allen 5 Patienten mit einer doppelseitigen Stenose der Art. carotis interna konnten wir aufgrund unserer Diagnosekriterien (s. 3.3.) die zutreffende Diagnose stellen.

Einen weiteren Vorteil bietet die Tonographie durch die Objektivierung der Befunde bei einer durch Extrasystolen bedingten Amaurosis fugax. Bei unseren 3 Patienten mit sporadischen Extrasystolen zeigte sich synchron zu den Extrasystolen im EKG ein Abfall des Pulsationsvolumens im Tonogramm.
Die Erklärung für dieses Phänomen ist in der reduzierten hämodynamischen Wirksamkeit der Extrasystolen zu sehen. Da nur ein vermindertes Blutvolumen in die Peripherie gelangt, wird auch der Druck in der Art. ophthalmica erniedrigt. Durch die normale hämodynamische Wirksamkeit der postextrasystolischen Schläge wird dann das Ausgangsniveau wieder erreicht.
Dieses gleichzeitige Auftreten der beiden Befunde zeigt somit den ursächlichen Zusammenhang von Extrasystolen und dem Abfall des Pulsationsvolumens der Art. ophthalmica.

Die Tonographie stellt damit neben ihrem schon bekannten Anwendungsgebiet durch ihre einfache Methodik einen diagnostischen Fortschritt als Screeningmethode bei der Karotisinsuffizienz dar und kann weiterhin zu einer Objektivierung von Befunden bei der Amaurosis fugax beitragen, die mit den bisher angewandten Verfahren nicht möglich war.

5. Zusammenfassung

Wir untersuchten mit der Tonographie nach Leydhecker ein Krankengut von 42 Personen, von denen 17 gesund waren, 17 Patienten eine einseitige Stenose oder Verschluß und 5 Patienten eine doppelseitige Stenose der Art. carotis aufwiesen.

Die Auswertung der Kurven wurde wie folgt vorgenommen:
Wir verglichen die Mittelwerte aus jeweils 20 Pulsamplituden beider Augen im Tonogramm.
Bei den gesunden Personen ergaben die Untersuchungen einen physiologischen Unterschied der beiden Mittelwerte von 12 ± 2 %.
Bestand eine Differenz von mehr als 14% zwischen diesen beiden Werten, so wies dieses Ergebnis auf eine Durchblutungsinsuffizienz der Art. carotis hin. Bei 14 von 17 Patienten konnten wir die zutreffende Diagnose stellen. Bei 3 Patienten lag ein ausreichender Kollateralkreislauf vor, so daß das Tonogramm einen normalen Kurvenverlauf zeigte.
Bei den doppelseitigen Stenosen wies ein mehrmaliges Ausbleiben der Pulsamplituden im Tonogramm auf die pathologischen Veränderungen hin.
Mit der Tonographie konnten wir so eine hohe Übereinstimmung der Diagnosen im Vergleich zur Ultraschall-Dopplersonographie erzielen.

Bei 3 Patienten zeigte das Tonogramm Einkerbungen. Wir konnten nun einen ursächlichen Zusammenhang zwischen diesen Phänomenen, die einen Abfall des Pulsationsvolumens der Art. ophthalmica darstellen, und Extrasystolen im EKG aufzeigen, da beide Phänomene synchron auftraten.

Die Tonographie kann somit neben ihrem bisher bekannten Anwendungsgebiet als eine einfache Screeningmethode bei der Karotisinsuffizienz eingesetzt werden. Weiterhin bietet sie die

Möglichkeit der Objektivierung von Befunden bei bislang nicht nachzuweisenden Symptomen bei der Amaurosis fugax.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. W. Hammerstein für seine Anregungen und Tips sowie seine unendliche Geduld bei der Durchführung dieser Arbeit.
Ein herzliches Dankeschön möchte ich auch Herrn Priv. Doz. Dr. M. Hennerici aus der Neurologischen Klinik unserer Universität sagen, der mich immer wieder mit Rat und Tat unterstützte und auch für die Auswahl der Patienten mit Karotisstenosen zuständig war.
Weiterhin möchte ich Herrn Prof. Dr. B. Grabensee danken, der uns sein EKG-Labor zur Verfügung stellte und uns bei der Auswertung der EKGs zur Seite stand.

6. Literatur

Arana-Iniguez, R., Rodriguez Barrios, R., Lopez, A., Folle, J.A.:
Ocular tonographic and ligature of the carotid artery
Johns Hopkins med. J. 122 (1968) 301

Bailliart, P.:
La pression artérielle dans les branches de l'artére centrale de la rétine+ nouvelle technique pour la determine
Annal. ocul. 154 (1917) 648

Baurmann, M.:
Ein verbessertes Dynamometer
Ber. dtsch. ophtnal. Ges. 57 (1951) 330

Berggleiter, R.:
Umkenr des Blutstromes in der A. ophtnalmica nach artefiziellem Internaverschluß
Fortschr. Röntgenstr. (1967)

Bettelheim, H.:
Der wert der Ophthalmodynamometrie für die Diagnose der Karotistnrombose
Wiener klin. Wschr. 76 (1964) 217

Bettelheim, H.:
Vergleichende ophtnalmodynamometrische und ophtnalmodynamographische Untersuchungen bei obliterierenden Prozessen der Karotiden
Klin. Mbl. Augenheilk. 146 (1965) 801

Bettelheim, H.:
Augenärztliche Beiträge zur Diagnostik zerebraler Durchblut=ungsstörungen
Klin. Mbl. Augenheilk. 147 (1965) 352

Bettelheim, H.:
Ungewönnliches Verhalten des Blutdruckes der Arteria ophthalmica beim Verschluß der Arteria carotis interna
Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. 168 (1965) 175

Bettelheim, H.:
Der Einfluß des Gefäßgebietes der Arteria carotis externa auf den Ophthalmicablutdruck und das Bulbus-Orbital-Oscillogramm
Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. 171 (1966) 33

van Beuningen, E.G.A., Fischer, F.W.:
Die arterielle Minutenvolumenbestimmung des Auges und ihre klinische Anwendung
Ber. dtsch. Ophthal. Ges. 61 (1957) 218

Bron, A.J., Knox, D.L., Gaasterland, D.:
Tonographic studies in carotid occlusive disease
Brit. J. Ophthal. 51 (1967) 577

McDonald, PT.:
Doppler cerebrovascular examination, oculopletnysmography and ocular pneumoplethysmograpny use in detection of carotid disease
Arch. Surg. 113 (11) (1978) 1341

McDonald, PT.:
Ocular pneumoplethysmography: Detection of carotid occlusive disease
Ann. Surg. 189 (1) (1979) 44

Gee, W., Mehigan, J.T., Wylie, E.J.:
Measurement of collateral cerebral hemispheric blood pressure by ocular pneumoplethysmography
Amer. J. Surg. 130 (1975) 121

Gee, W., Oller, D.W., Homer, L.D., Bailey, R.C.:
Simultaneous bilateral determination of the systolic pressure of the opnthalmic arteries by ocular pneumoplethysmography
Invest. Ophtnalmol. Visual Sci. (1977) 86

Gee, W., Oller, D.W., Amundsen, D.G., Goodrean, J.J.:
The asymptomatic carotid bruit and the ocular pneumoplethysmography
Arch. Surg. 112 (1977) 1381

Gross, W.S., Verta, M.J., van Bellen, B., Bergan, J.J., Yao, J.S.T.
Comparison of noninvasive diagnostic techniques in carotid artery occlusive disease
Surgery 82 (1977) 271

Hager, H.:
Die Diagnose der Karotisthrombose durch den Augenarzt
Klin. Mbl. Augenheilk. 141 (1962) 801

Hager, H.:
Die Ophthalmo-Dynamographie als Methode zur Beurteilung des Gehirnkreislaufes
Klin. Mbl. Augenheilk. 142 (1963) 827

Hammerstein, W., Sandmann, W., Aulich, A.:
Akuter Glaukomanfall nach Desobliteration der Arteria carotis interna
135. Vers. Rhein.-Westf. Augenärzte (1978) 12

Hammerstein, W., Sandmann, W., Aulich, A.:
Akuter Glaukomanfall nach Blutdruckanstieg in der Arteria carotis interna
Klin. Mbl. Augenheilk. 174 (1979) 584

Hennerici, M., Aulich, A.:
Ultraschall- Doppler-Sonographie
Medizin in unserer Zeit 6 (1979) 168

Heydenreich, A.:
Untersuchungsmethoden; V: Ophthalmodynamometrie
Der Augenarzt, VEB Georg Thieme, Leipzig 1969, 615

Kartchner, M.M., Mc Rae, L.P., Morrison, F.D.:
Noninvasive detection and evaluation of carotid occlusive disease
Arch. Surg. 106 (1973) 528

Krayenbühl, H., Jaschagill, M.G.:
Der cerebrale kollaterale Blutkreislauf im angiographischen Bild
Acta Neuro Chir. Bd. 6 30

Krieglstein, G.K., da Silva, F.A.:
Vergleichende Messungen des Blutdruckes am Auge mit dem Ophthalmodynamometer nach Mikuni und dem Stepanik-Arteriographen
Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. 212 (1979) 77

Mc Lean, J.M., Galin, M.A.:
Studies of the ocular pulse
Tr. Ophthal. Soc. UK 86 (1966) 609

Leydhecker, W.:
Manual der Tonographie für die Praxis
Springer Berlin (1977)

Leydhecker, W.:
Glaukom, ein Handbuch
Springer Berlin (1973)

Lowe, R.D., Stephen, N.L.:
Carotid occlusion: Its diagnosis by ophthalmodynamometry during carotid compression
The Lancet (1961) 1241

Machleder, H.J., Barker, W.F.:
Noninvasive Methods for evaluation of extracranial cerebro=vascular disease
Arch. Surg. 112 (1973) 944

Meythaler, H., Raithel, D., Kneißl, M.:
Amaurosis fugax bei Obliteration der Arteria carotis
Klin. Mbl. Augenheilk. 173 (1978) 794

Moore, W.S., Bean, B., Burton, R., Goldstone, J.:
The use of ophthalmosonometry in the diagnosis of carotid artery stenosis
Surgery 82 (1977) 107

Müller, H.R.:
Direktionelle Doppler-Sonographie der Arteria frontalis medialis
EEG - EMG Bd. 2 24

Persival, S.P.B., Ridgway, A.E.A.:
Carotid compression tonography: A new test for carotid insufficiency
Brit. med. J. 1 (1968) 357

von Keutern, G.-M., Büdingen, H.J., Hennerici, M., Freund, H.J.:
Diagnose und Differenzierung von Stenosen und Verschlüssen der Arteria carotis mit der Doppler-Sonographie
Arch. Psychiat. Nervenkr. 222 (1976) 191

Rodriguez Barrios, R., Solis, C.:
Carotid-compression tonographic test: Its application in the study of carotid-artery occlusions
Americal Journal Opntal. 62 (1966) 116

Russel, R.R.W., Cranston, W.I.:
Ophthalmodynamometry in carotid artery disease
J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. 24 (1961) 281

Sindermann, F.:
Krankheitsbild und Kollateralkreislauf bei einseitigem und doppelseitigem Carotisverschluß
J. Neurol. SCI Bd. 5 9

Solis, C., Zylberglajt, F., Rodriguez Barrios, R.:
Results of carotid compression tonographic test in carotid and vertebrobasilar occlusion
Amer. J. Ophthal. 74 (1972) 1113

Stepanik, J.:
Die Arteria-ophthalmica-Tonometrie
Wiener klin. Wschr. 85 (1973) 336

Straub, W.:
Die ophthalmodynamographischen Untersuchungsmethoden
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1970)

Weigelin, E., Lobstein, A.:
Ophthalmodynamometrie
Karger, Basel (1962)

Wenzel, G.:
Die Aussagekraft von seitenunterschiedlichen ophthalmodynamographischen und ophthalmodynamometrischen Meßergebnissen bei Stenosen im Carotis-Ophthalmica-Bereich
Freie Universität Berlin 1976 Diss. Med.

Wessely, K.:
Weitere Beiträge zur Lehre vom Augendruck
Arch. Augenheilk. 78 (1915) 247

Mein Lebenslauf

Ich, Wilhelm Friedrich Hermann Rehorn, wurde am 12.10.1956 als Sohn des Hauptlehrers Wilhelm Rehorn und seiner Ehefrau Ursula Rehorn, geb. Stricker, in Flammersfeld, Krs. Altenkirchen, geboren. Vom 17.4.1963 bis zum 30.11.1966 besuchte ich die evgl. Volksschule zu Wesel, danach vom 1.12.1966 bis zum 3.6.1975 das altsprachliche Jungengymnasium Wesel. Seit dem 1.4.1976 bin ich an der Universität Düsseldorf im Fach Medizin immatrikuliert.

FOTODRUCK J. MAINZ – Telefon: (02 41) 2 73 05
Neupforte 13, Nähe Markt, 5100 Aachen